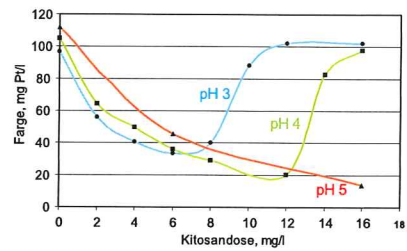
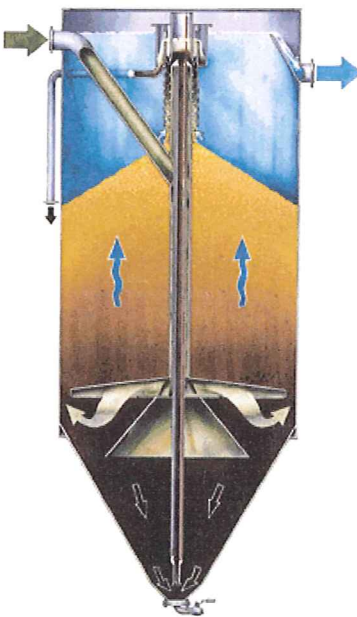
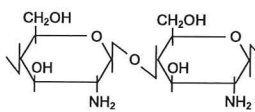


Br \ddot{u} k av kitosan og kitosan/JKL for fjerning av humus ved Årnes Vannverk A/L - resultater fra jar-tester



Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5008 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-niva

9296 Tromsø
Telefon (47) 77 75 03 00
Telefax (47) 77 75 03 01

Tittel Bruk av kitosan og kitosan/JKL for fjerning av humus ved Årnes Vannverk A/L – resultater fra jar-tester	Løpenr. (for bestilling) 4390-2001	Dato 18.06.01
	Prosjektnr. Undernr. O-21069 E-21412	Sider Pris 14 s.
Forfatter(e) Christian Vogelsang og Helge Liltved	Fagområde Vannbehandling	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Akershus	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Årnes Vannverk A/L ved Jan Roger Aas	Oppdragsreferanse
--	-------------------

Sammendrag Ved Årnes Vannverk benyttes direktefiltrering som behandlingsmetode for det humusrike råvannet. På bakgrunn av slamdeponeringsproblemer med dagens bruk av aluminiumhydroksiklorid ønsket vannverket å få vurdert muligheten for å gå over til kitosan som koagulant, eventuelt i kombinasjon med jernkloridsulfat (JKL). I en innledende fase er det utført jartester ved vannverket (07.02.01) og ved NIVAs laboratorier i Oslo. Med en kombinasjon av JKL og kitosan i doser på h.h.v 5 mg Fe/l og 6 mg kitosan/l ved pH 5, ble det oppnådd et fargetall på 5.0 mg Pt/l i rentvannet. Rest-jernkonsentrasjonen var da 0.2 mg Fe/l. Med kitosan som eneste koagulant kom vi ned i 13 mg Pt/l ved pH 4, men først ved en så høy kitosan-konsentrasjon som 12 mg/l. Ved å redusere pH til 3, fikk vi fjernet (tilsynelatende) mer farge per kitosanmengde tilsatt. Derimot var det ikke mulig å komme lenger ned i farge enn 33 mg Pt/l, fra den opprinnelige på 120 mg Pt/l (ved en dosering på 6 mg kitosan/l). Slamproduksjonen ved bruk av den "optimale" kombinasjonen av JKL og kitosan var på ca 140 kg tørrvekt slam per døgn, noe som innebærer en reduksjon på ca 55% i forhold til dagens slamproduksjon ved bruk av aluminiumhydroksiklorid.

Fire norske emneord 1. Drikkevann 2. Direktefiltrering 3. Kitosan 4. Koagulering	Fire engelske emneord 1. Drinking water 2. Direct filtration 3. Chitosan 4. Coagulation
--	---

Helge Liltved
 Helge Liltved
 Prosjektleder

Henning Mohn
 Henning Mohn
 Forskningsleder
 ISBN 82-577-4030-6

Torsten Källqvist
 Torsten Källqvist
 Forskningsjef

**Bruk av kitosan og kitosan/JKL for fjerning av
humus ved Årnes Vannverk A/L**

- resultater fra jar-tester

Forord

Resultatene presentert i denne rapporten har kommet til gjennom et samarbeid mellom Årnes Vannverk ved Jan Roger Aas og forskere ved Seksjon for vannforsyning og avløpsteknikk ved NIVA. Forsøkene ble utført som utvidete jar-tester med et to-delt formål; å gi en indikasjon på om det var mulig å nå en tilfredsstillende fargefjerning med kitosan som eneste koagulant, evt. i kombinasjon med jernkloridsulfat, og å gi en bedre forståelse av de mekanismene som virker inn på denne fargefjerningen. Den sistnevnte delen av studiene ble finansiert med egne midler.

Resultene fra disse forsøkene vil danne grunnlaget for de pilotforsøkene som planlegges ved vannverket seinere.

Vi takker driftsleder Jan Roger Aas for samarbeidet, og ser fram til et videre samarbeid under pilotforsøkene.

Oslo, 18. juni 2000

Christian Vogelsang

Innhold

Sammendrag	5
1. Bakgrunn	6
1.1 Kitosan som fellingsmiddel	6
1.2 Hensikt med forsøkene	7
2. Materialer og metoder	8
3. Resultater og diskusjon	9
3.1 Råvannet	9
3.2 Felling med kitosan	9
3.3 Felling med JKL	11
3.4 Felling med kombinasjoner av kitosan og JKL	12
3.5 Slamproduksjonen	13
4. Konklusjoner	14
Litteratur	14

Sammen drag

For å vurdere om kitosan alene, evt i kombinasjon med jernkloridsulfat (JKL), kunne bli brukt som koagulant ved Årnes Vannverk, ble det utført jartester ved Årnes Vannverk (07.02-01) og ved NIVAs laboratorier i Oslo på vann hentet fra vannverket 07.03.01. Råvannet har lavt partikkelinnhold (turbiditet på 0.44 FNU), mens det er rikt på humus og jern (0.54 mg Fe/l), noe som gir det et fargetall på hele 120 mg Pt/l. Det ble funnet at man ved pH 5, med en kombinasjon av JKL og kitosan i doser på h.h.v 5 mg Fe/l og 6 mg kitosan/l, kunne nå et fargetall på 5.0 mg Pt/l i rentvannet. Rest-jern i vannet var 0.2 mg Fe/l. Med kitosan som eneste koagulant kom man ned i 13 mg Pt/l ved pH 4, men først ved en så høy kitosan-dosering som 12 mg/l. Ved å redusere pH til 3, fikk vi fjernet (tilsynelatende) mer farge per kitosanmengde tilsatt. Derimot var det ikke mulig å komme lenger ned i farge enn 33 mg Pt/l, fra den opprinnelige på 120 mg Pt/l (ved en dosering på 6 mg kitosan/l).

Slamproduksjonen ved bruk av den "optimale" kombinasjonen av JKL og kitosan var på ca 140 kg tørrvekt slam per døgn, noe som innebærer en reduksjon på ca 55% i forhold til dagens slamproduksjon ved bruk av aluminiumhydroksiklorid.

1. Bakgrunn

Ved Årnes Vannverk blir det humusrike råvannet behandlet ved direktefiltrering med aluminiumhydroksiklorid (Ekoflock-90) som koagulant (55-60 ml/m³). Mikronisert marmor blir tilsatt før råvannspumpene for alkalisering og pH-heving. Vannet (gjennomsnittlig 150 m³/t) føres deretter inn på 10 separate Dynasand-filtre med et totalt overflateareal på 50 m². Dette gir en lav gjennomsnittlig filtreringshastighet på ca. 3 m/t. Rentvannsfargen er normalt lavere enn 5 mg Pt/l, mens restaluminiumkonsentrasjonen ligger på ca. 0,1 mg/l.

Dynasand-filtrene opererer med kontinuerlig tilbakespyling på ca. 40 m³/t. Spylevannet tilsettes 0,3 g/m³ Magnafloc LT 25 i forkant av en lamellseparator, hvor ca. 0,6 m³/t tas ut som konsentrert slam (2-3% tørrstoffinnhold). Konsentrert slam (ca. 12 m³/d) føres til slamtanker mens klarfasen føres til innløpssiden på filtrene. Det har vært gjennomført slamavvanningsforsøk ved sentrifugering, uten at dette var vellykket.

Rentvannskvaliteten er man stort sett fornøyd med ved vannverket. Det største problemet er produksjonen av aluminiumsholdig slam, som er kostbart å transportere og vanskelig å finne deponeringsalternativer for. Det har tidligere vært gjort forsøk på å finne alternative fellingskjemikalier. Blant annet har det blitt gjennomført forsøk i liten skala med jernkloridsulfat (JKL). Man måtte opp i doser på 80 ml/m³ JKL for å få god effekt, noe som ga problemer med drifting av filtrene.

1.1 Kitosan som fellingsmiddel

Kitosan (Smidsrød og Moe 1995) er en naturlig polymer, framstilt av reke- og krabbeskall, som normalt ikke inneholder giftige forbindelser. Den er løselig i svake organiske syrer, og i fortynnet saltsyre. Viskositeten til kitosan i løsning er først og fremst avhengig av molekylvekten.

Kitosan er et lineært langkjedet polysakkarid med aktive amino-grupper. I surt miljø vil disse være positivt ladet (tilnærmet full ladning ved pH 5 og lavere), og vil kunne bindes til negativt ladete grupper på andre molekyler, som f.eks. karboksyl- og sulfatgrupper knyttet til humus molekyler. Slike bindinger vil kunne initiere koagulering ved ladnings-nøytralisering og aggregat-dannelse (Kawamura 1991).

Man kan bruke kitosan som eneste koagulant, men jern kan eventuelt tilsettes som hjelpekoagulant. Også JKL fungerer godt som fellingsmiddel i pH-området fra 4 til 5, og er således et naturlig valg som jernholdig koagulant.

Våre erfaringer fra pilot- og fullskalakjøring med kitosan på norske vannverk (for senere tid, se Liltved & Norgaard 1999, Liltved 2000a, Liltved 2000b, Liltved 2000c, Liltved & medarb. 2000, Liltved & medarb. 2001) har vist at det er en rekke fordeler forbundet med bruk av en naturlig organisk polymer som kitosan:

- Ved bruk av kitosan som eneste koagulant produseres det mindre slam enn ved tradisjonell felling med jern- eller aluminiumssalter. Ved bruk av kitosan i pilotskala er det rapportert at slamproduksjonen målt som tørrstoff kan bli redusert til inntil 1/3-del av produksjonen ved bruk av tradisjonelle koagulanter.
- Spylevannet fra kitosanfelling vil ikke inneholde metaller fra fellingsmidlene som kan skape problemer ved deponering/bruk av slam. Kostnadene forbundet med slamhåndtering kan derved reduseres. Ved bruk av kitosan sammen med jern vil det bli noe metall i slammet, men p.g.a. lavere dosering vil mengdene bli mindre enn dersom jern benyttes alene.

- Det er indikasjoner på at bruk av polymere gir sterkere humus-fnokker, slik at overflatebelastningen på filteret kan økes i forhold til ved bruk av jern- eller aluminiumssalter (Kawamura 1991). Dette kan gi muligheter for at de eksisterende filtrene kan håndtere økt framtidig belastning uten at filterarealet behøver utvides.
- Når naturlige organiske polymerer benyttes som eneste fellingsmiddel, kan man se bort fra restmetall i det rensede vannet. Når jern- eller aluminiumssalter benyttes må restverdier for metaller overvåkes nøye da det er lave grenseverdier for disse (< 0,1 mg Me/l).
- Felling med kitosan vil normalt ikke fjerne alkalitet fra vannet. Hvis alkalisering er nødvendig, vil lav pH være en fordel for høy karbonatisering ved eventuell bruk av marmor.

Ulempene er i første rekke i forhold til kostnader og effekt. Kitosan er normalt ca 3 ganger dyrere enn tradisjonelle koagulanter (selv om prisforholdet ved innkjøp er kvantum-avhengig), så det må oppnås besparelser på slamsiden for at kitosanfelling totalt sett skal være økonomisk lønnsomt. Optimalisering av bl.a vannets fellings-pH for å redusere nødvendig kitosandose er således også viktig. Når kitosan benyttes som eneste koagulant, er det rapportert noe lavere fargefjerningseffekt enn ved felling med jern- eller aluminiumbaserte koagulanter. Dersom kitosan brukes i kombinasjon med jern vil det trolig være mulig å oppnå tilsvarende renseseffekt som ved felling med jern alene.

1.2 Hensikt med forsøkene

Målsetningen for de gjennomførte jar-testene var å få en indikasjon på om det var mulig å nå en tilfredsstillende fargefjerning med kitosan som eneste koagulant, evt. i kombinasjon med jernkloridsulfat. Optimal dosering av kitosan som eneste koagulant, og i kombinasjon med JKL, ble bestemt under aktuelle fellingsbetingelser (pH 3-5, 6-8°C). Den forventede slamproduksjonen ble også bestemt. Resultatene vil danne grunnlaget for pilotforsøkene som skal utføres ved vannverket seinere.

Under den antagelse at ladningsnøytralisering spiller en helt avgjørende rolle for utfellingen av humus ved bruk av kitosan som koagulant, ble målinger av vannets zetapotensial under og etter fellingen inkludert. Koblingen mellom de tradisjonelle jar-testene og denne typen fysikalske parametere, vil bidra til å øke vår forståelse av mekanismene som virker inn på fargefjerningen ved bruk av kitosan.

2. Materialer og metoder

Kitosanet benyttet under forsøkene var levert av Primex Ingredients ASA. Det hadde en acetyleringsgrad på 12% og en molekylvekt med benevnelsen "mellom-høy" (batch-nr. BN345).. Kemira Chemicals jernkloridsulfat (JKL) med 11.6% Fe ble brukt som Fe-koagulant.

Jar-testene ble gjennomført på vannverket (Nes kommune) og i NIVAs laboratorier i Oslo. Det ble kjørt jar-serier med kitosan alene ved ulike pH-verdier (3, 4 og 5), og serier hvor kitosan ble testet i kombinasjon med jernkloridsulfat (JKL). JKL ble da tilsatt først under 60 s hurtig røring, før kitosanet ble tilsatt under nye 60 s hurtig innblanding. Ved siden av doseringsmengder ble fellings-pH og temperatur registrert. Etter felling ble vannet membranfiltrert (0,45 µm) og analysert m.h.p. fargetall, turbiditet og restjern. Noen prøver ble også analysert m.h.p. TOC. Slamproduksjonen ble bestemt ved tørrvektsmåling (i ovn ved 100°C over natten) av slammet avsatt på filtrene.

Instrumentet Zetamaster S fra Malvern Instruments Ltd. ble brukt for å bestemme zetapotensialet. Instrumentet måler partiklenes gjennomsnittlige zetapotensial, som er gitt av det elektriske potensialet mellom det såkalte skjæringsplanet ved overflaten til den ladete partikkelen og de frie omliggende vannmasser. Et høyt absolutt zetapotensial er et uttrykk for et kraftig ladningsfelt rundt hver partikkel, og dermed sterke frastøtende krefter mellom partiklene. I det motsatte tilfelle, ved meget lave absolutt-verdier for zetapotensialet, skal det små krefter til før partiklene vil kunne gå sammen til større kolloider (koagulere).

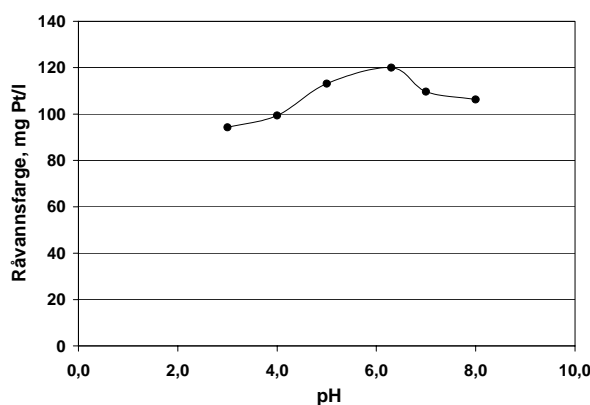
3. Resultater og diskusjon

3.1 Råvannet

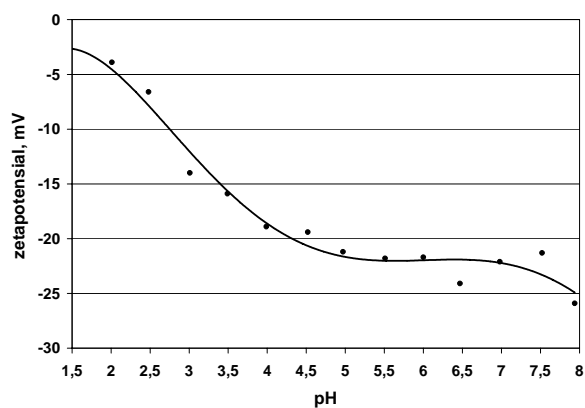
Noen sentrale kvalitetsparametere for råvannet er angitt i Tabell 1. Som det framgår er fargetallet høyt med tilsvarende høy verdi for totalt organisk karbon (TOC). Figur 1 viser at fargetallet er noe avhengig av pH.

Tabell 1. Råvannskvalitet

Dato	PH	Turbiditet FNU	Fargetall mg Pt/l	TOC, Mg/l	Jern, mg Fe/l
07.02.2001	6,1	0,44	120	13,8	0,54



Figur 1. Fargetallet i råvannet ved ulike pH.

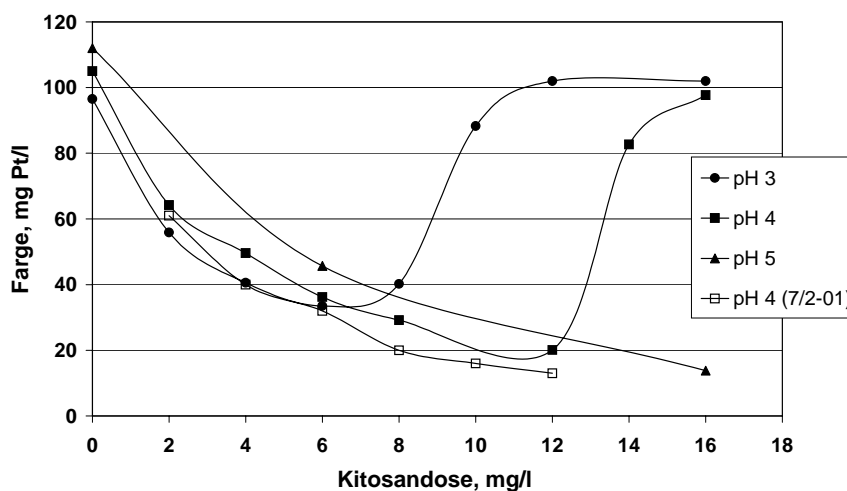


Figur 2. Råvannets zetapotensial ved ulike pH.

Råvannets pH påvirker også de funksjonelle gruppene (typisk sulfat-, karboksylsyre- og ammonium-grupper) på humuspartiklene, noe som er av betydning for koaguleringsprosessen. Siden syrene dominerer i humus, vil den totale ladningen, og derved også zetapotensialet til partiklene reduseres når pH senkes. Dette er vist i Figur 2, der zetapotensialet til råvannet er målt innenfor et pH-område som er noe bredere enn det som vil kunne være aktuelt med tanke på kjemisk felling med jern og/eller kitosan.

3.2 Felling med kitosan

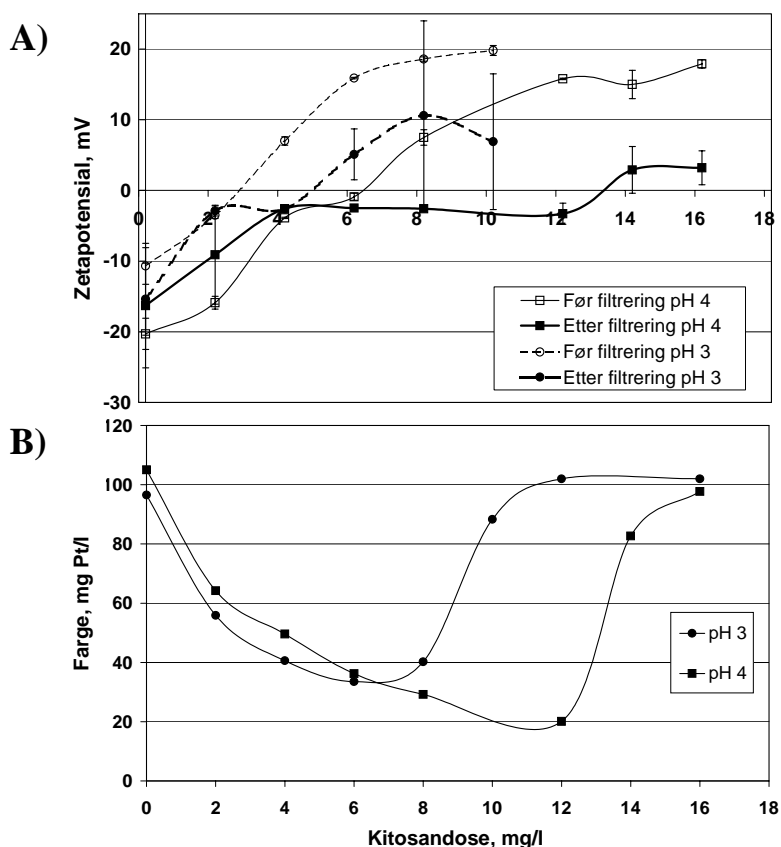
Fargefjerningen med kitosan som eneste koagulant er vist som rest-farge i vannet ved økende kitosandosering ved tre ulike pH i Figur 3. Som det fremgår, er det en betydelig fargefjerning (opp mot 90%), men det ser ut til å være vanskelig å komme noe lenger ned i fargetall enn 15-20 mg Pt/l (13 mg Pt/l lavest målte verdi). Det er betydelig lettere å fjerne turbiditeten. Her er man nede i under 0,2 FNU allerede ved en kitosandosering på 2 mg/l. Den resterende mengden organisk stoff (TOC) er likevel så høy som 7.2 mg C/l (48% reduksjon) ved en kitosandose på 12 mg/l ved pH 4 (kravet er 5 mg C/l; 3 mg C/l er anbefalt). Dette indikerer at det er den lav-molekylære fraksjonen som ikke blir fjernet.



Figur 3. Rest-farge i vannet etter koagulering med kitosan og filtrering. Forsøket utført 7/2-01 ble gjort ute på vannverket, de øvrige i NIVAs laboratorier i Oslo.

Som Figur 3 viser, er det kun en liten doseringsøkning over den optimale som skal til for å få overdosering og meget høye utgående fargetall. En interessant detalj er at det går an å komme lenger ned i fargetall ved høyere pH, men at effekten av hver "kitosan-enhet" da er noe lavere. At effekten av kitosan er noe større ved lave pH var som forventet ut fra pH-avhengigheten til råvannets zetapotensial, men pH'ens markerte betydning for hvor overdoseringen inntraff var mer uventet.

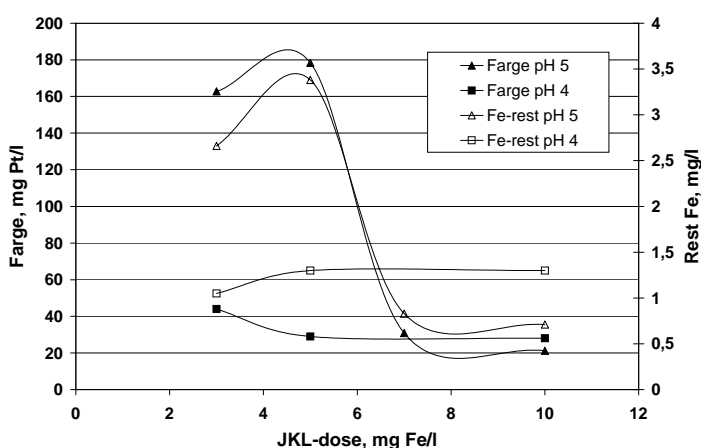
Den korte overgangsfasen fra optimal dose til overdosering sannsynliggjør at begrensningen med bruk av kitosan som eneste koagulant kan forstås på bakgrunn av den såkalte nøytraliseringsmekanismen. I følge denne vil kitosan adsorberes til humuspartiklene og nøytraliserer deres overflateladning. Dermed vil ikke partiklene frastøte hverandre lenger, og de vil koagulere. Ved overdosering vil partiklene få reversert overflateladning (fra overveiende negativ til overveiende positiv), og de vil dermed frastøte hverandre. Zetapotensialet, som er et mål for overflateladningen, er vist i Figur 4A for partikkel-koagulantløsningen før filtrering og for gjenværende partikler i vannet etter filtrering ved pH 3 og pH 4. For sammenligningens skyld er rest-farge i vannet etter filtrering vist i figurens nedre del (Figur 4B). Ved optimal dosering kunne man forvente at zetapotensialet ville være nær 0 mV for den ufiltrerte partikkel-koagulant-blandingen (åpne symboler). Men som figuren viser, er det zetapotensialet etter filtrering hvor denne sammenhengen er gyldig. Zetapotensialet ligger her på en svakt negativ verdi frem til det punkt der overdoseringen inntreffer. Dette er en meget interessant observasjon som senere vil kunne benyttes for raskere bestemmelse av den optimale doseringen under gitte betingelser.



Figur 4. A) Zetapotensialet for partikkel-koagulantløsningen før filtrering og for gjenværende partikler i vannet etter filtrering ved pH 3 og pH 4. B) Rest-farge i vannet etter koagulering med kitosan og filtrering ved pH 3 og pH 4.

3.3 Felling med JKL

Det ble gjort noen innledende forsøk med JKL som eneste koagulant (Figur 5). Ved en pH på 4 fikk man en rask nedgang i fargetall (44 mg Pt/l med 3 mg Fe/l), men selv ved en dose på 10 mg Fe/l kom man ikke lenger ned enn 28 mg Pt/l. Da lå også rest-Fe i det filtrerte vannet på over 1.3 mg Fe/l. For å få en mer optimal felling med JKL, ble pH økt til 5. Som Figur 5 viser, ga dette først utslag på Fe-verdiene ved relativt høy JKL-dosering, og fargetallsfjerningen ble ikke nevneverdig bedre. Den sterke korrelasjonen mellom fargetall og Fe-rest i vannet etter filtrering er interessant. Likeledes at en dosering på 3 mg/l og 5 mg/l med JKL ved pH 5 ikke ga noen fargetallsreduksjon. Dette ble verifisert ved måling av



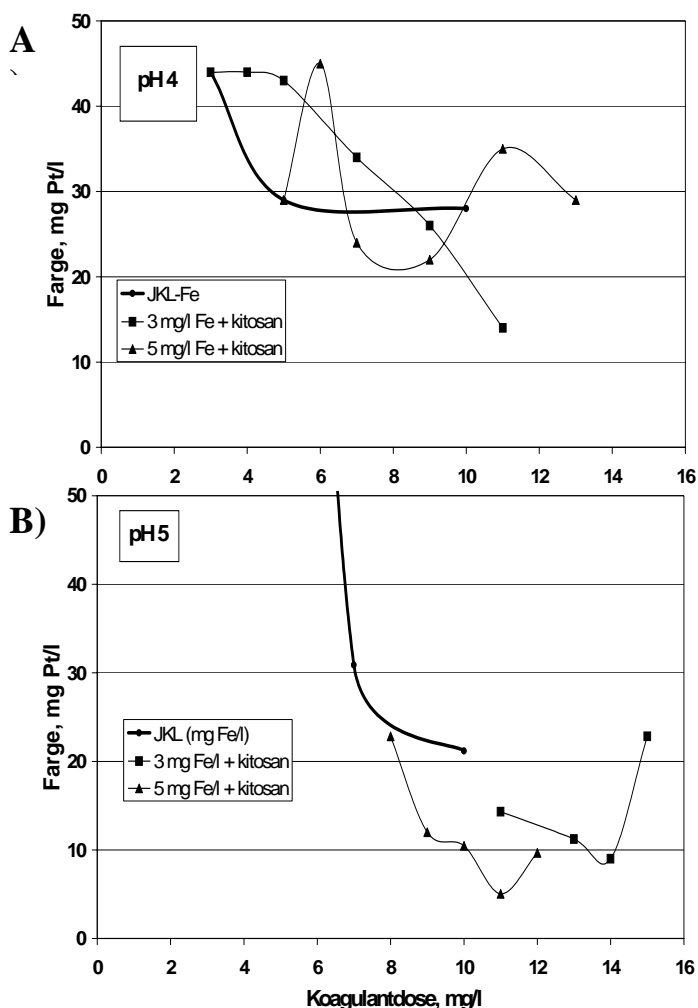
Figur 5. Fargetall og Fe-rest i vannet etter felling og filtrering med JKL som eneste koagulant. Målemetoden som ble brukt ved bestemmelse av Fe-rest ved pH 4 hadde måleområde opp til 1.3 mg Fe/l, slik at verdiene ved 5 mg/l og 10 mg/l JKL-Fe-dose kan være betydelig understipulert.

slamproduksjonen, som var tilnærmet fraværende ved disse to tilfellene (resultater ikke inkludert). Tidligere forsøk har indikert at man må opp i ca. 80 ml JKL pr. m³ (ca 14 mg Fe/l) for å få fargetall ned mot 5 mg Pt/l ved Årnes vannverk.

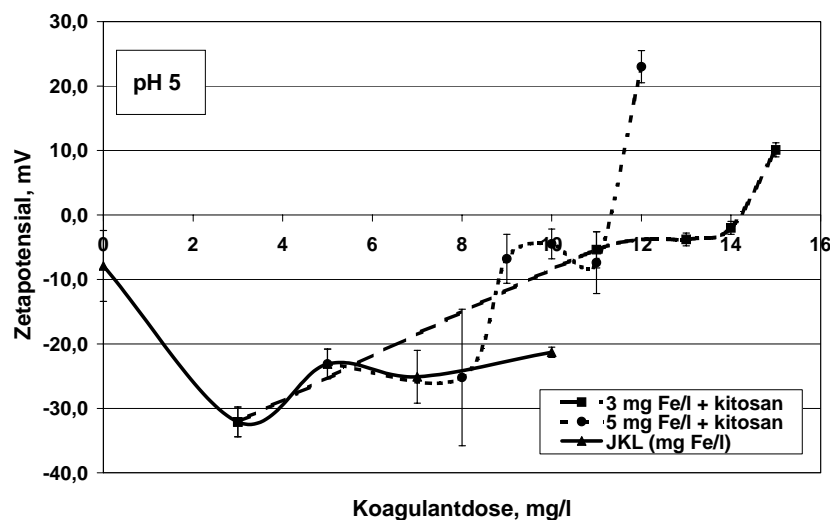
3.4 Felling med kombinasjoner av kitosan og JKL

Kombinasjoner av JKL og kitosan ble kjørt ved pH 4 og pH 5 med JKL-Fe-doser på 3 mg/l og 5 mg/l med etterfølgende dosering av kitosan i stigende doser. Fargetallsreduksjonen ved pH 4 og pH 5 er vist i h.h.v Figur 6A og 6B. Ved pH 4 var det mulig å komme lenger ned i fargetall ved lav JKL-dosering enn ved høy, men dette krevde relativt høy kitosandosering (8 mg/l) uten at fargetallet ble redusert mer enn til 13 mg Pt/l. Rest-jern i rentvannet ble samtidig målt til 0,63 mg Fe/l, mens TOC lå på 5,2 mg C/l. Ved å øke pH til 5, fikk man bedre fargefjerning og lavere rest-jernverdier. Ved en kombinasjon av 5 mg JKL-Fe/l og 6 mg kitosan/l ble det målt fargetall på 5,0 mg Pt/l og en jern-rest på 0,20 mg Fe/l. Optimalisert kitosandosering sammen med en lavere JKL-Fe-dose (h.h.v 11 mg/l og 3 mg/l) ga noe høyere fargetall (9,0 mg Pt/l) og jern-restverdi (0,34 mg Fe/l). En ytterligere optimalisering i pilot- og fullskala vil muligvis kunne gi enda lavere fargetall og rest-jernverdier.

Zetapotensialkurvene for JKL alene og i kombinasjon med kitosan viser flere interessante sammenhenger. I Figur 7 er zetapotensialet i vannet etter filtrering vist for pH 5. Kurven for JKL alene har et helt ulikt forløp enn de som ble funnet for kitosan (jfr Figur 4A), og nærmer seg bare meget sakte området for nøytralisering (ca 0 mV). Ved tilsats av kitosan sammen med JKL får zetapotensialkurven et forløp som ligner på det for kitosan alene, og overdosering skjer i det zetapotensialet blir positivt (jfr Figur 6B). En videre sammenligning mellom Figur 7 og Figur 6B indikerer en tydelig positiv effekt av jern på koaguleringen med kitosan; helningen på fargetallskurven øker betydelig ved å øke jerntilsatsen fra 3 mg/l til 5 mg/l. Det er godt kjent at kitosan har høy affinitet for jern, og når jernet er bundet til partikulært materiale vil kitosanets adsorpsjonsevne til disse partiklene kunne øke. En interessant detalj her er at 5 mg/l JKL-Fe alene ved pH 5 ikke ga noen nevneverdig humusfjerning (slamproduksjon tilnærmet null), slik at en JKL-dosering opp til 5 mg Fe/l vil gi liten koagulering og dermed høyt potensiale for binding av kitosan. Dermed er det, med utgangspunkt i den store fargetallsreduksjonen ved økning av JKL-Fe fra 5 mg/l til 7 mg/l (jfr Figur 5), mulig at en JKL-dosering utover 5 mg Fe/l til kitosan vil kunne gi reduisert effekt.



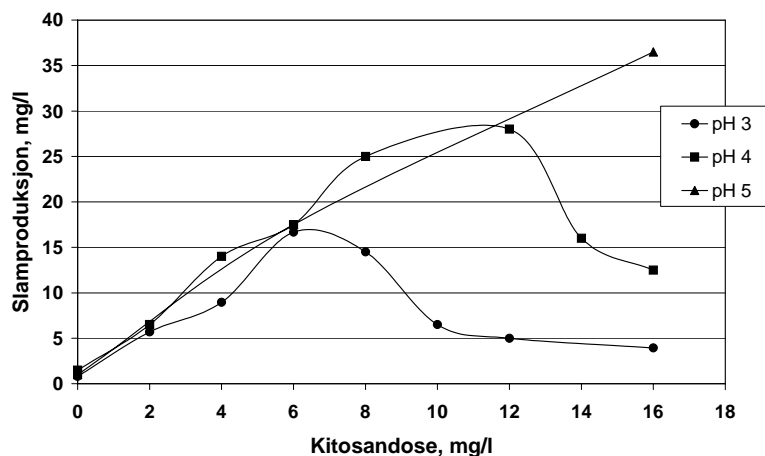
Figur 6. Fargetall etter koagulering med JKL alene og i kombinasjon med kitosan ved pH 4 (A) og pH 5 (B). X-aksen viser den totale koagulantdosen med basis i mg Fe/l (JKL) og mg kitosan/l.



Figur 7. Zetapotensialet målt i filtratet etter koagulering med JKL alene og i to ulike JKL-Fe-konsentrasjoner i kombinasjon med kitosan. X-aksen viser den totale koagulantdosen med basis i mg Fe/l (JKL) og mg kitosan/l.

3.5 Slamproduksjonen

Slamproduksjonen ved bruk av kitosan alene er vist i Figur 8, og ser ut til å samsvare godt med fargefjerningen som ble presentert i Figur 3. Slamproduksjonen for den "optimale" kombinasjonen av JKL og kitosan (h.h.v 5 mg Fe/l og 6 mg kitosan/l) var 38 mg/l.



Figur 8. Slamproduksjonen ved økende kitosandosering ved tre ulike pH. Slammengden ble bestemt som økningen i filterets tørrvekt etter filtrering.

Dagens slamproduksjon ved Årnes Vannverk er ca. 12 m³/d. Slammet har et tørrstoffinnhold på 2-3%. Dette utgjør ca. 300 kg tørrstoff pr. døgn. Dersom man tar utgangspunkt i en slamproduksjon på 38 g/m³ ved bruk av kombinasjonen 5 mg/l JKL-Fe og 6 mg/l kitosan, noe som gir ca. 140 kg tørrstoff pr. døgn, vil man kunne få opp mot 55% reduksjon i slamproduksjonen. Ved optimalisering av prosessen i pilot/fullskala vil trolig humusfjerningen øke noe, som igjen vil gi økt slamproduksjon. Det er mulig at man også må dosere litt mer koagulant for å oppnå optimal felling.

4. Konklusjoner

- Resultatene fra jar-testene viser at det ved en kitosandose på 12 mg/l og en fellings-pH på 4 var mulig å redusere fargetallet i rentvannet til 13 mg Pt/l (89% reduksjon), mens TOC i rentvannet var 7,2 mg/l (48% reduksjon).
- Ved å benytte JKL i kombinasjon med kitosan ble det oppnådd en forbedret renseeffekt m.h.p. fargetall, TOC og turbiditet sammenliknet med kitosan eller JKL alene. Ved en JKL-dose på 5 mg Fe/l (29 ml JKL/m³) sammen med en kitosandose på 6 mg/l ble det oppnådd et fargetall på 5,0 mg Pt/l og en rest-jernverdi på 0,2 mg Fe/l.
- Resultatene fra jar-testene tyder på at slamproduksjonen kan reduseres med 70% og 55% ved bruk av h.h.v kitosan og kitosan/JKL. P.g.a. slammets sammensetning vil det være lettere å finne alternative bruks- eller deponeringsmåter enn dagens slam med høy konsentrasjon av aluminium.
- Erfaringer fra forsøk som har vært utført ved andre vannverk tilsier at jar-tester bare gir en indikasjon på hva som kan forventes i pilot- eller fullskala. Tidligere erfaringer tyder på at filtreringen er bedre i pilot- og fullskalaanlegg, og at man muligens får en slags "coating" av filtermaterialet, noe som gir bedre resultater ved lavere kitosandoser enn det som oppleves i jar-tester. Når det gjelder erfaringer med oppstrøms sandfiltrering med kitosan ble dette prøvd i fullskala i ett filter ved Sjunken vannverk med gode resultater.
- Basert på våre forsøk anbefales det Årnes Vannverk å gå videre med forsøkene i pilotskala, da primært med kombinasjonen kitosan/JKL, men det vil også være spennende å prøve kitosan alene.

Litteratur

- Kawamura S. 1991. Effectiveness of natural polyelectrolytes in water treatment. J. AWWA oktober 1991, s. 88-91.
- Liltved, H. 2000a. Fjerning av farge med kitosan som koagulant ved Haugesund vannverk. NIVA-rapport, 23 s. Løpenr 4270-2000.
- Liltved, H. 2000b. Bruk av kitosan fra BioEffect AS for fjerning av humus fra drikkevann. NIVA-rapport, 16 s. Løpenr 4174-2000.
- Liltved, H. 2000c. Direktefiltrering med kitosan som koagulant ved Ølen Vassverk. NIVA-rapport, 23s. Løpenr 4172-2000.
- Liltved, H., Frydenberg, T., Brandt, J, Vogelsang, C. 2001. Bruk av biopolymerer for fjerning av humus fra drikkevann i fem Sørlandskommuner. NIVA-rapport, 32s. Løpenr 4361-2001.
- Liltved, H., Norgaard, E. 1999. Fjerning av humus fra drikkevann ved felling med kitosan og etterfølgende direktefiltrering i Filtralite og kvartsand. NIVA-rapport, 15 s. Løpenr 4053-99.
- Smidsrød O., Moe S.T. 1995. Biopolymerkjemi. Tapir Forlag, Trondheim, ISBN 82-519-1208-3, 459 s.